Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, P. 113-123

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۱۲۳-۱۱۳

مقاله علمی-پژوهشی

# اثر متقابل بین نوع نازل و ساعت کاربرد در روز بر کارایی پاراکوات در مهار گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medicus.)

اکبر علی‌وردی[1*]- محمد شریفی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳

## چکیده

در آزمایش گلدانی، وجود اثر متقابل بین نوع نازل و ساعت کاربرد در روز بر کارایی پاراکوات در مهار گاوپنبه بررسی شد. تیمارها شامل پنج مقدار پاراکوات (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) بود که با سه نوع نازل (ضد بادبردگی یک بادبزنه، ضد بادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ضد بادبردگی دو بادبزنه ۷۰۳۰) در دو شماره نازل (۱۱۰۰۱۵ و ۱۱۰۰۲) در چهار ساعت در روز (۲۰:۰۰، ۲۲:۰۰، ۰۵:۰۰ و ۰۷:۰۰) در چهار تکرار بر روی اندام‌های هوایی گاوپنبه پاشیده شده بود. در هر چهار زمان کاربرد، افزایش شماره نازل در نازل ضد بادبردگی یک بادبزنه سبب افزایش مقدار پاراکوات لازم برای گیاه‌سوزی ۹۰ درصدی گاوپنبه شد. ولی بجز در برخی زمان‌ها (۲۲:۰۰ و ۰۷:۰۰ در مورد نازل ضد بادبرگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ۰۵:۰۰ در مورد ضد بادبردگی دو بادبزنه ۷۰۳۰)، افزایش شماره نازل در نازل‌های دو بادبزنه سبب کاهش مقدار پاراکوات لازم برای گیاه‌سوزی ۹۰ درصدی گاوپنبه شد. به طور کلی، در هر شماره‌ای از هر نوع نازلی، کارایی پاراکوات تحت تاثیر زمان‌های مختلف روشنایی روز (۲۰:۰۰ و ۰۷:۰۰) قرار نگرفت. برعکس، کارایی پاراکوات تحت تاثیر زمان‌های مختلف تاریکی روز (۲۲:۰۰ و ۰۵:۰۰) قرار گرفت به طوری که کارایی پاراکوات در زمان کاربرد در ۲۲:۰۰ از زمان کاربرد در ۰۵:۰۰ کمتر بود. به عنوان بهترین تیمار، کاربرد پاراکوات با نازل ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ با شماره ۱۱۰۰۲ در ساعت ۲۲:۰۰ که به کمترین میزان پاراکوات (۳۴۲/۰۴ گرم ماده موثره در هکتار) برای گیاه‌سوزی ۹۰ درصدی گاوپنبه نیاز داشت به کشاورزان توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** علف‌کش، حرکت برگی، نازل یک بادبزنه، نازل دو بادبزنه

## مقدمه

کنترل شیمیایی علف‌های هرز در سرتاسر جهان به دلیل کنترل راحت، ارزان و سریع علف‌های هرز در حال افزایش است (۱۶). در این بین، علف‌کش تماسی پاراکوات در جایگاه ویژه‌ای قرار دارد، به طوری که این علف‌کش دومین آفت‌کش پُر فروش در دنیاست (۷). اگرچه پاراکوات علف‌کشی عمومی (غیر انتخابی) است، ولی کاربردش در اکوسیستم‌های زراعی و حتی در اکوسیستم‌های غیر زراعی بسیار گسترده است. در اکوسیستم‌های زراعی، این علف‌کش را می‌توان ۱) قبل از کاشت هر گونه گیاه زراعی در سیستم‌های بدون شخم، ۲) به صورت هدایت شده در باغات و گیاهان زراعی وجینی، ۳) بعد از کاشت و قبل از سبز شدن هر گونه گیاه زراعی که سرعت سبز شدن آنها پایین است و ۴) قبل از برداشت برخی گیاهان زراعی برای حذف برگ آنها بکار برد (۲۵). پاراکوات به سبب داشتن دو بار الکتریکی مثبت بر روی ساختار مولکولی خود تحت شرایط حضور نور و برقراری واکنش‌های نوری فتوسنتز می‌تواند سریعتر از فردوکسین الکترون را از پروتئین آهن-گوگردار در فتوسیستم I دریافت نمایید. با این نحوه عمل، تولید NADPH از $NADP^+$ در مرحله روشنایی فتوسنتز متوقف می‌شود. در عوض، با تولید رادیکال اکسیژن نوزاد ($^1O_2$) و سپس رادیکال هیدروکسیل ($OH^•$) موجبات تخریب غشاهای سلولی و مرگ بسیار سریع علف‌های هرز را فراهم می‌سازد (۷).

اگرچه کاربرد علف‌کش‌ها جایگاه ویژه‌ای در اکوسیستم‌های زراعی دارد، ولی امروزه تمرکز رو به رشدی پیرامون اثرات جانبی علف‌کش‌ها بر محیط زیست و سلامت انسان وجود دارد (۳۱). به همین دلیل، با بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌ها، امکان کاهش مقدار مصرف آنها فراهم و متعاقباً کاهش اثرات جانبی آنها میسر خواهد شد (۱۶). اخیراً، بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌ها به عنوان اولین قدم در اجرای سیستم مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مطرح شده است (۵۰).

کاربرد علف‌کش در زمان مناسبی از شبانه‌روز به عنوان راهکاری

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار علوم علف‌های هرز و کارشناسی زراعت و اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.v34i1.84218

هوشمندانه در بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌ها مطرح است. تحقیقات گذشته نشان داده است که کارایی علف‌کش‌های تماسی مانند آسی فلورفن (۱۷)، آیوکسینیل (۴۱)، بنتازون (۴۵)، بروماکسینیل (۴۴)، کارفن‌ترازون‌اتیل، دایکوات (۴۷)، فلوتیاست‌متیل، فلومیکلوراک (۱۱)، فومسافن (۶، ۲۰، ۲۳، ۲۶ و ۴۵)، گلوفوسینات آمونیوم (۳۸ و ۴۴)، سافلوفناسیل (۲۶) و پاراکوات (۲۹) به طور معنی‌داری تحت تأثیر زمان کاربرد در شبانه‌روز قرار گرفته است. به طوری که وقتی علف کش‌های مذکور در ساعات تاریکی شبانه‌روز در مقایسه با ساعات روشنایی شبانه‌روز بکار رفته‌اند، علف‌های هرز بهتر کنترل شده‌اند. همچنین، بجز در مورد علف‌کش‌های فلوتیاست‌متیل، فلومیکلوراک (۱۱)، وقتی سایر علف‌کش‌های تماسی مذکور در ساعات تاریکی بعد از غروب آفتاب در مقایسه با ساعات تاریکی قبل از طلوع آفتاب بکار رفته‌اند، علف‌های هرز بهتر کنترل شده‌اند. عوامل زیادی شناخته شده است که می‌توانند در بروز اثر زمان کاربرد در شبانه‌روز بر کارایی علف‌کش‌های تماسی تاثیرگذار باشند. جذب علف‌کش‌های تماسی فومسافن (۶)، فلوتیاست‌متیل، فلومیکلوراک (۱۱)، گلوفوسینات آمونیوم (۳۳) و پاراکوات (۳۰) به درون بافت‌های علف‌هرز با افزایش دمای هوا به دلیل سیالیت افزایش یافته کوتیکول و غشاء سلول افزایش می‌یابد. لذا، این امر سبب افزایش کارایی آنها می‌شود. همچنین، جذب علف‌کش‌های تماسی آسی‌فلورفن (۴۹)، فومسافن (۶ و ۴۸)، بنتازون (۴۸)، گلوفوسینات آمونیوم (۳۳) و لاکتوفن (۴۸) به درون بافت‌های علف‌هرز با افزایش رطوبت نسبی هوا به دلیل تاخیر در زمان خشک شدن قطرات پاشش افزایش می‌یابد. لذا، این امر نیز سبب افزایش کارایی آنها می‌شود. نوسانات شبانه‌روزی در دما و رطوبت نسبی هوا دقیقاً به طور منفی با یکدیگر رابطه دارند (۶). از اینرو، بسیار مشکل است که از بین این دو عامل، عامل مسئول بروز اثر زمان کاربرد در شبانه‌روز بر کارایی علف‌کش‌های تماسی را تشخیص داد. شبنم، یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار بر اثر زمان کاربرد در شبانه‌روز بر کارایی علف‌کش‌های تماسی است که معمولاً در ساعات تاریکی شبانه‌روز تشکیل می‌شود. استوپس و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که در صورتی که میزان شبنم زیاد باشد می‌تواند سبب شستشو و سقوط ماده موثره علف‌کش از روی سطح برگ علف های هرز شود. لذا، این امر سبب کاهش کارایی علف‌کش خواهد شد. اما در صورتی که میزان شبنم کم باشد می‌تواند سبب تأخیر در زمان خشک شدن قطرات پاشش شود. لذا، این امر سبب افزایش کارایی علف‌کش خواهد شد (۴۵). باد از عوامل دیگر تأثیرگذار بر اثر زمان کاربرد در شبانه‌روز بر کارایی علف‌کش‌های تماسی است. هر چقدر سرعت وزش باد بیشتر باشد، باد بردگی قطرات پاشش بیشتر است (۲). از طرفی دیگر، سرعت باد اغلب در ساعات تاریکی شبانه‌روز کمتر از ساعات روشنایی شبانه‌روز است (۴۶). از این‌رو، اگرچه قابلیت اجرای عملیات سمپاشی در ساعات تاریکی شبانه‌روز سخت است (۲۴)، ولی انتظار معقولی است که باد بردگی قطرات پاشش در ساعات تاریکی شبانه‌روز کمتر از ساعات روشنایی شبانه‌روز باشد (۴۵). طول دوره تاریکی پس از سمپاشی یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر اثر زمان کاربرد در شبانه‌روز بر کارایی علف‌کش‌های تماسی است (۴۷). تاریکی پس از کاربرد می‌تواند به طور موقتی از فعال شدن علف‌کش های تماسی جلوگیری کند. در این حالت، غشاهای سلولی تخریب نمی‌شوند. لذا، مولکول علف‌کش جذب شده از نقطه برخورد می‌تواند تا حدودی به بخش‌های دیگر منتقل شود. قبلاً، افزایش جذب و انتقال علف‌کش‌های تماسی پاراکوات (۳۰) و اکسی‌فلورفن (۱۴) در تاریکی به اثبات رسیده است. به همین دلیل، پس از قرارگیری گیاه در روشنایی و فعال شدن مولکول علف‌کش با نور، سطح بیشتری از اندام‌های هوایی علف‌هرز دچار گیاه‌سوزی می‌شود. نهایتاً، در علف-های هرز دولپه‌ای، جهت‌گیری سطح برگ به عنوان عامل دیگر تاثیرگذار بر اثر زمان کاربرد در شبانه‌روز بر کارایی علف‌کش‌های تماسی مطرح است. جهت‌گیری سطح برگ در ساعات تاریکی شبانه-روز به صورت عمودی نسبت به سطح زمین (زاویه برگ نسبت به ساقه بیشتر از ۹۰- درجه) است. در حالی که جهت‌گیری سطح برگ در ساعات روشنایی شبانه‌روز به صورت افقی نسبت به سطح زمین (زاویه برگ با ساقه کمتر از صفر درجه) است. به این پدیده حرکت برگی[1] گفته می‌شود. محققان ثابت کرده‌اند که وقتی علف‌کش‌ها با نوع نازل یک بادبزنه که سبب حرکت قطرات پاشش به صورت عمود بر سطح زمین می‌شود پاشیده شوند، پدیده حرکت برگی به طور مستقیم بر میزان نشست پاشش علف‌کش بر روی سطح برگ علف-های هرز و متعاقباً بر کارایی آن تاثیرگذار است (۱۰، ۲۴، ۲۸ و ۳۸). علف‌هرز گاوپنبه نمونه‌ای بارز از گیاهان در بروز پدیده حرکت برگی شدید از خود است. وقتی در ساعت ۲۰:۳۰ آفتاب غروب کرده بود، موهر و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که زاویه برگ این گیاه در ساعات ۱۴:۰۰، ۱۷:۰۰، ۱۸:۳۰، ۱۹:۱۵ و ۲۰:۰۰ به ترتیب برابر ۱۰-، ۱۰-، ۳۰-، ۶۰- و ۸۰- درجه است. آنها گزارش کردند که کارایی گلایفوسیت با کاهش زاویه برگ گاوپنبه کاهش یافت (۲۴).

با توجه به اینکه انتخاب درست نوع نازل (۱) و شماره نازل (۵) برای کاربرد علف‌کش‌ها به عنوان راهکاری منطقی در بهینه‌سازی کارایی آنها مطرح است، ولی تاکنون تاثیر استفاده از انواع نازل‌های دو بادبزنه (دو قلو) که سبب حرکت قطرات پاشش به صورت غیر عمود بر سطح زمین می‌شوند در مقایسه با نازل یک بادبزنه که سبب حرکت قطرات پاشش به صورت عمود بر سطح زمین می‌شود بر کارایی علف‌کش‌های تماسی پاشیده شده در ساعات مختلف شبانه‌روز مورد بررسی قرار نگرفته است. هدف این پژوهش پُر کردن این فضای خالی در علم بود.

1- Foliar nyctinasty

## مواد و روش‌ها

ایـن پـژوهش در بهـار و تابسـتان ۱۳۹۸ در هـوای آزاد محوطـه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان اجرا گردید. علف‌هـرز مـورد هـدف در ایـن پـژوهش گاوپنبـه ( *Abutilon theophrasti* Medicus.) بود. بذرهای این علـف‌هـرز در تابسـتان ۱۳۹۷ از مـزارع اطراف گرگان جمع‌آوری شده بود. براساس اجرای پیش آزمایشی، ۷۰ درصد از بذرهای کاشته شده در بستر خاک گلـدان سـبز شـدند. لـذا، نیازی به پیش تیمار بذرها جهت شکستن خواب آنها وجود نداشت. بـا این وجود، تعداد ۱۵ بذر آب‌نوشی کرده گاوپنبه در هر گلدان دو لیتری حاوی خاک:ماسه بادی:کود دامی به ترتیب با نسـبت ۱:۱:۴ در عمـق نیم سانتی‌متری کشت شد. گلدان‌های مورد استفاده در این پژوهش از جنس پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی شکل با طول، عرض و ارتفاعی به ترتیب ۱۷، ۱۷ و ۱۶ سانتی‌متر بودند. در طی مراحـل دو و چهار برگی، به میزان ده میلـی‌لیتـر ار محلـول دو گـرم در لیتـر کـود ۲۰:۲۰:۲۰ (ازت:فسفر:پتاسیم) به هـر یـک از گلـدان‌هـا اضـافه شـد. گیاهان بر حسب نیاز به صورت یکنواخت و برابر آبیاری شدند. در طی دو سری عملیات تنک‌سازی جهت یکنواخت‌سازی اندازه بوته‌ها، تعداد بوته‌ها به پنج بوته در هر گلدان تنک شـدند. علـف‌هـای هـرز داخـل گلدان‌ها در طول پرورش گاوپنبه حذف شدند.

تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از پنج مقدار از پـاراکوات (۰، ۷۵، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) که با استفاده از سه نـوع نازل (ضد بادبردگی یک بادبزنه، ضد بادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ضد بادبردگی دو بادبزنه ۷۰۳۰) در دو شماره نازل (۱۱۰۰۱۵ سبز رنـگ و ۱۱۰۰۲ زرد رنگ) در چهار ساعت در شبانه‌روز (قبل از غـروب آفتـاب در ساعت ۲۰:۰۰، بعد از غروب آفتاب در ساعت ۲۲:۰۰، قبل از طلـوع آفتاب در ساعت ۰۵:۰۰ و بعـد از طلـوع آفتـاب در سـاعت ۰۷:۰۰) در چهار تکرار بر روی گیاهچه‌های شش تا هفت برگی گاوپنبـه پاشـیده شدند. زاویه پاشش تمامی نازل‌های سرامیکی مـورد اسـتفاده در ایـن پژوهش برابر ۱۱۰ درجه است. آنها از محصولات شرکت Magnojet برزیل هستند. زاویه بین دو بـادبزن در نـازل‌هـای ضـد بـادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ضد بادبردگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ به ترتیـب برابـر ۴۰ و ۱۰۰ درجه است. نام، تصویر و کیفیت قطره‌سـازی نـازل‌هـا در فشـار ۳۰۰ کیلو پاسکال در جدول ۱ نمایش داده شده است. براساس دسته‌بندی ارائه شده به وسیله انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۳)، بجز نازل ضد بادبردگی استاندارد ۱۱۰۰۱۵ که کیفیت قطره‌سازی ریزی بـا قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر ایجاد می‌کند، سـایر نـازل‌هـا کیفیت قطره‌سازی متوسطی با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر ایجاد می‌کنند (۱۹). در این پژوهش، میزان حجم پاشش ایجـاد شـده به وسیله نازل‌ها با شماره ۱۱۰۰۱۵ و ۱۱۰۰۲ به ترتیـب برابـر ۳۰۰ و ۴۵۰ لیتر آب در هکتار بود.

**جدول ۱- نازل‌های مورد استفاده در پژوهش و کیفیت قطرک‌سازی آنها در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال**

**Table 1- The nozzles used in the study and their atomization quality at 300 kPa**

| ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰<br>Twin anti-drift flat fan 7030 | | ضد بادبرگی دو بادبزنه ۲۰۲۰<br>Twin anti-drift flat fan 2020 | | ضد بادبرگی یک بادبزنه<br>Single anti-drift flat fan | |
|---|---|---|---|---|---|
| 11002 | 110015 | 11002 | 110015 | 11002 | 110015 |
|  | | | | | |
| M | M | M | M | M | F |

بر اساس دسته‌بندی انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۳)، حروف F و M به ترتیب کیفیت قطره‌سازی ریز با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر و متوسط با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر نشان می‌دهند.

Based on the American Society of Agricultural Engineers (3), F and M show the atomization quality of Fine (106-235 μm) and Medium (236-340 μm), respectively.

در ۱۸ و ۱۹ تیر ماه، تیمارها در فضای آزاد با اسـتفاده از سـمپاش پشتی کمپرسوری در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال اعمال شدند. ارتفاع نازل تا سطح خاک گلدان حدوداً ۰/۵ متر بود. ترتیب اجرای تیمـار سـاعت کاربرد در روز به همان ترتیبی بود که در جمله بعد ذکر شده است.

20:00

22:00

05:00

07:00



**شکل ۱- وضعیت برگ‌ها و حرکت برگی گاوپنبه در چهار ساعت کاربرد در روز**

طول و عرض لبه گلدان ۱۷ سانتی‌متر است.

**Figure 1- The leaves status and foliar nyctinasty of velvetleaf in four application times of the day**

The length and width of the pot brim is 17 cm.

شرایط جوی در زمان اعمال تیمارها به این صورت بود: ۱) قبل از غروب آفتاب در ساعت ۲۰:۰۰ (دمای هوا ۳۷ درجه سانتی‌گراد با ۱۳ درصد رطوبت نسبی)، ۲) بعد از غروب آفتاب در ساعت ۲۲:۰۰ (دمای هوا ۲۸ درجه سانتی‌گراد با ۱۸ درصد رطوبت نسبی)، ۳) قبل از طلوع آفتاب در ساعت ۰۵:۰۰ (دمای هوا ۱۹ درجه سانتی‌گراد با ۳۳ درصد رطوبت نسبی) و ۴) بعد از طلوع آفتاب در ساعت ۰۷:۰۰ (دمای هوا ۲۴ درجه سانتی‌گراد با ۴۸ درصد رطوبت نسبی). در تمام زمان سرعت وزش باد برابر صفر بود. عملیات سمپاشی در هر زمان کمتر از ۳۰ دقیقه طول می‌کشید. لذا، از ۱۵ دقیقه قبل تا ۱۵ دقیقه بعد از زمان های مذکور سمپاشی انجام گرفت.

در روزهای سمپاشی، زمان غروب و طلوع آفتاب در همدان به ترتیب در ۲۰:۳۲ و ۰۶:۱۰ اتفاق افتاد. گیاهان در تیمارهای ساعت ۲۲:۰۰ و ۰۵:۰۰ پس از سمپاشی به ترتیب با حدوداً ۷ و ۱ ساعت با تاریکی مواجه شدند. وضعیت و حرکت برگی بوته‌های گاوپنبه در زمان‌های سمپاشی در شکل ۱ نمایش داده شده است. دو روز پس از سمپاشی در زمان بعد از طلوع آفتاب (۰۷:۰۰)، اندام‌های هوایی گاوپنبه از یک سانتی‌متری سطح خاک برداشت و وزن تر آنها توزین شد. سپس، وزن خشک آنها پس از خشک کردن در درون آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد توزین شد. وزن تر و وزن خشک هر واحد آزمایشی (گلدان) تقسیم بر تعداد بوته‌های درون آن (پنج بوته) شد تا وزن تک بوته تر و وزن تک بوته خشک بدست آید. در نهایت، نسبت وزن تر تک بوته به وزن خشک تک بوته در تجزیه و تحلیل آماری مورد استفاده قرار گرفت. این نسبت میزان گیاهسوزی[1] یا به طور عامیانه میزان سوزش[2] اندام‌های هوایی علف هرز در برابر پاشش علف‌کش تماسی را به نمایش می‌گذارد. زمانی که مقدار این نسبت برابر یک باشد، نشان دهنده آن است که تمام سطوح اندام‌های هوایی به طول کامل گیاهسوز شده است. به عبارتی دیگر، مقادیر پایین‌تر در این نسبت نشان دهنده فعالیت بیشتر علف‌کش است و برعکس (۳۵).

پس از اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها، واکنش نسبت وزن تر به وزن خشک گاوپنبه به تیمارها با تکنیک آنالیز رگرسیون غیر خطی با مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۱) و با استفاده از نرم افزار R نسخه ۲،۶،۲ تجزیه و تحلیل شد (۳۴). براساس نتایج آزمون عدم برازش ($p\text{-value} > ۰/۰۵$)، این مدل برازش قابل قبول روی داده‌ها فراهم کرد.

معادله ۱
$$Y = \frac{D-C}{1+\exp[B(\log X - \log DD_{50})]} + C$$

در اینجا، Y بیانگر نسبت وزن تر به وزن خشک گاوپنبه (= میزان گیاهسوزی گاوپنبه)، X بیانگر مقدار پاراکوات، D بیانگر حد بالا و C بیانگر حد پایین نسبت وزن تر به وزن خشک در مقادیر صفر و بی نهایت پاراکوات، آماره $DD_{50}$[3] بیانگر مقدار پاراکوات لازم برای کاهش ۵۰ درصدی نسبت وزن تر به وزن خشک گاوپنبه بین حد بالا و پایین و B بیانگر شیب منحنی در محدوده آماره $DD_{50}$ است. با استفاده از کد دستوری مربوطه در نرم‌افزار R، مقدار آماره $DD_{90}$ که بیانگر مقدار پاراکوات لازم برای کاهش ۹۰ درصدی نسبت وزن تر به وزن خشک گاوپنبه بین حد بالا و پایین است نیز تخمین زده شد. از مقادیر خطاهای استاندارد برای مقایسه بین تیمارها استفاده شد.

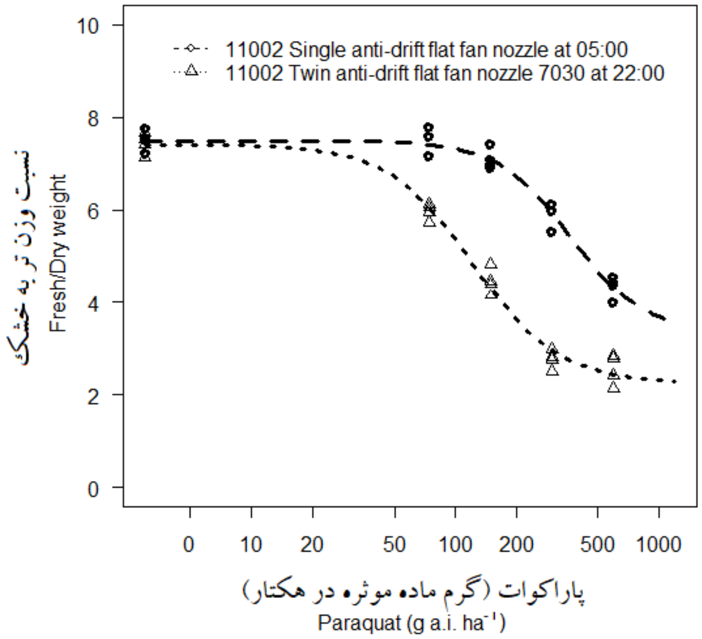
## نتایج و بحث

از آنجایی که روند نتایج بدست آمده از آماره‌های $DD_{50}$ و $DD_{90}$ تا حدود زیادی مشابه بود (جدول ۲) و نیز به دلیل اهمیت بیشتر آماره $DD_{90}$ در مطالعات واکنش به مقدار علف‌کش (۳۴)، نتایج پژوهش با تفسیر نتایج مربوط به آماره $DD_{90}$ شرح داده خواهد شد. همچنین، به علت ازدحام منحنی‌های واکنش به مقدار علف‌کش (۲۴ منحنی)، در شکل ۲، تنها منحنی‌های واکنش به مقدار مربوط به بهترین روش کاربرد یعنی کاربرد با نازل ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ با شماره ۱۱۰۰۲ در ساعت ۲۲:۰۰ و بدترین روش کاربرد یعنی کاربرد با نازل ضد بادبرگی یک بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲ در ساعت ۰۵:۰۰ نمایش داده شده است. بقیه منحنی‌ها، در محدوده بین این دو منحنی قرار دارند که نمایش داده نشده است.

نتایج نشان داد که در هر چهار زمان کاربرد، افزایش شماره نازل در نازل ضد باد بردگی یک بادبزنه سبب افزایش مقدار آماره $DD_{90}$ برای پاراکوات علیه گاوپنبه شد که نشان دهنده کاهش کارایی علف کش با افزایش شماره این نوع نازل است. این نتایج می‌تواند به دلیل آن باشد که با افزایش شماره نازل ضد باد بردگی یک بادبزنه از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۲ اندازه قطرات پاشش تولیدی آن افزایش می‌یابد (جدول ۱). در تحقیقات گذشته، محققان به وجود رابطه‌ای منفی بین کارایی انواع علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف (تماسی و نفوذی) با اندازه قطرات پاشش اذعان داشته‌اند که علت آنرا نشست بهتر قطرات کوچک‌تر در مقایسه با قطرات درشت‌تر بر روی سطح برگ علف‌های هرز دانسته‌اند که سبب پوشاندن سطح بیشتری از آن می‌شود (۸، ۲۲ و ۳۶). پوشاندن کامل سطح برگ علف‌های هرز با علف‌کش‌های تماسی به سبب نحوه عمل آنها ضروری است (۷). مک‌مولان (۲۰۰۰) بیان داشت که میزان انرژی جنبشی یک قطره را اندازه و مجذور سرعت آن تعیین می‌کند.

---

1- Dehydration
2- Desiccation
3- Desiccation dose (DD)




**شکل ۲- منحنی‌های واکنش نسبت وزن تر به وزن خشک (گیاه‌سوزی) اندام‌های هوایی گاوپنبه به مقادیر پاراکوات پاشیده شده با نازل ضد بادبرگی یک بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲ در ساعت ۰۵:۰۰ (○) و نازل ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ با شماره ۱۱۰۰۲ در ساعت ۲۲:۰۰ (∆)**

**Figure 2- The response curves of fresh: dry weight ratio (desiccation) of velvetleaf to the doses of paraquat sprayed with 11002-single anti-drift flat fan nozzle at 05:00 o'clock (○) and 11002-twin anti-drift flat fan 7030 at 22:00 o'clock (∆)**

قطرات بزرگ‌تر به دلیل انرژی جنبشی بیشتر ناشی از بالا بودن سرعت و اندازه، با احتمال بیشتری از روی شاخ و برگ سقوط می‌کنند و باعث اتلاف ماده موثره علف‌کش می‌شوند (۲۱). با این وجود، بجز در برخی زمان‌ها (ساعات ۲۲:۰۰ و ۰۷:۰۰ در مورد نازل ضد بادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ساعت ۰۵:۰۰ در مورد نازل ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰)، افزایش شماره نازل در نازل‌های دو بادبزنه سبب کاهش مقدار آماره $DD_{90}$ برای پاراکوات علیه گاوپنبه شد که نشان دهنده افزایش کارایی علف‌کش با افزایش شماره این نوع نازل‌ها است. افزایش شماره نازل در این دو نوع نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۲ تغییر قابل توجهی بر اندازه قطرات پاشش تولیدی آنها ندارد (جدول ۲) ولی می‌تواند حجم پاشش را از ۳۰۰ به ۴۵۰ لیتر آب در هکتار افزایش - دهد. از اینرو، می‌توان استنباط کرد که با افزایش حجم پاشش کارایی پاراکوات علیه گاوپنبه افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. به طور کلی، افزایش حجم پاشش بر کارایی علف‌کش‌های تماسی مانند پاراکوات تأثیر مثبتی دارد (۱۵). با این وجود، تنها در یک گزارش (۳۹)، کاهش حجم پاشش سبب افزایش کارایی علف‌کش تماسی آسی‌فلورفن شده است. در برخی گزارش‌ها، تغییر حجم پاشش تأثیری بر کارایی علف‌کش‌های تماسی نداشته است؛ برای مثال، لاکتوفن (۵ و ۹)، بنتازون (۱۳ و ۴۰)، فومسافن (۱۳) و گلوفوسینات آمونیوم (۲۷).

در برخی گزارش‌ها نیز کاهش حجم پاشش سبب کاهش کارایی علف‌کش‌های تماسی شده است؛ برای مثال، بروماسینیل، اکسی فلورفن (۳۷) و فومسافن (۴۰). محققان به خوبی ثابت کرده‌اند که با یک نوع نازل برابر، با افزایش شماره نازل (حجم پاشش) میزان نشست قطرات پاشش بر روی علف‌های هرز به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. برای مثال، لیگلیتر و جانسون (۲۰۱۶) گزارش کردند که میزان پوشش محلول علف‌کش گلایفوسیت پاشیده به وسیله یک نوع نازل برابر بر روی کارت‌های حساس به رطوبت در حجم پاشش ۱۴۰ لیتر در هکتار تقریباً دو برابر حجم پاشش ۹۴ لیتر در هکتار بوده است (۱۸). در تحقیقی دیگر نیز که حجم پاشش از طریق تغییر شماره نازل کنترل شده بود مشخص شد که میزان خیس شدن کاغذهای حساس به رطوبت با محلول علف‌کش دایکمبا در حجم پاشش ۱۸۷ لیتر در هکتار به طور معنی‌داری بیشتر از حجم پاشش ۹۴ لیتر در هکتار است (۲۲).

**جدول ۲- مقدار پاراکوات لازم برای گیاه‌سوزی ۵۰ ($DD_{50}$) و ۹۰ ($DD_{90}$) درصدی اندام‌های هوایی گاوپنبه وقتی با ۳ نوع نازل در ۲ شماره نازل در ٤ ساعت در شبانه‌روز بکار برده شد**

**Table 2- The dose of paraquat required to desiccate the 50 ($DD_{50}$) and 90% ($DD_{90}$) of velvetleaf when it was applied with 3 nozzle types at two nozzle sizes at four times of day**

| نوع نازل<br>Nozzle type | شماره نازل<br>Nozzle size | ساعت کاربرد در روز<br>Application time of day | $DD_{50}$ (g a.i. ha$^{-1}$) (گرم ماده مؤثره در هکتار) | $DD_{90}$ |
|---|---|---|---|---|
| | 110015 | 20:00 | 152.83 (11.58)$^{cd}$ | 421.98 (20.03)$^{cd}$ |
| | | 22:00 | 203.06 (11.29)$^{f}$ | 508.75 (29.44)$^{f}$ |
| | | 05:00 | 241.01 (21.25)$^{g}$ | 671.54 (41.88)$^{g}$ |
| ضد بادبرگی یک بادبزنه | | 07:00 | 138.06 (9.82)$^{bc}$ | 395.17 (14.96)$^{bc}$ |
| Single anti-drift flat fan | 11002 | 20:00 | 184.05 (14.52)$^{ef}$ | 484.22 (27.38)$^{ef}$ |
| | | 22:00 | 269.11 (35.05)$^{g}$ | 624.66 (31.62)$^{g}$ |
| | | 05:00 | 340.86 (16.23)$^{h}$ | 766.91 (30.04)$^{h}$ |
| | | 07:00 | 166.90 (12.94)$^{de}$ | 439.72 (16.07)$^{d}$ |
| | 110015 | 20:00 | 176.65 (9.81)$^{e}$ | 498.03 (11.04)$^{f}$ |
| | | 22:00 | 139.77 (12.83)$^{bc}$ | 402.88 (21.33)$^{bc}$ |
| | | 05:00 | 166.09 (8.44)$^{de}$ | 430.67 (9.08)$^{d}$ |
| ضد بادبرگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ | | 07:00 | 168.07 (19.01)$^{de}$ | 455.22 (12.46)$^{de}$ |
| Twin anti-drift flat fan 2020 | 11002 | 20:00 | 137.34 (12.11)$^{bc}$ | 469.78 (13.19)$^{e}$ |
| | | 22:00 | 124.23 (8.37)$^{b}$ | 378.15 (10.44)$^{b}$ |
| | | 05:00 | 141.22 (6.71)$^{c}$ | 403.31 (11.02)$^{c}$ |
| | | 07:00 | 158.10 (9.03)$^{de}$ | 474.10 (16.19)$^{ef}$ |
| | 110015 | 20:00 | 182.34 (13.67)$^{ef}$ | 477.41 (19.59)$^{ef}$ |
| | | 22:00 | 131.87 (10.21)$^{bc}$ | 376.45 (16.08)$^{b}$ |
| | | 05:00 | 157.66 (8.65)$^{d}$ | 423.55 (17.80)$^{cd}$ |
| ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ | | 07:00 | 179.01 (10.88)$^{e}$ | 481.18 (21.09)$^{ef}$ |
| Twin anti-drift flat fan 7030 | 11002 | 20:00 | 156.55 (7.33)$^{d}$ | 441.07 (11.01)$^{d}$ |
| | | 22:00 | 108.33 (5.82)$^{a}$ | 342.04 (15.91)$^{a}$ |
| | | 05:00 | 141.72 (6.80)$^{c}$ | 382.30 (18.40)$^{bc}$ |
| | | 07:00 | 154.62 (11.02)$^{cd}$ | 438.98 (18.58)$^{d}$ |

در هر ستون، داده‌ها با حرف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. اعداد داخل پرانتز خطای استاندارد هستند.

In each column, the data with the same letter are not significantly different ($P < 0.05$). Standard errors are in parentheses.

بجز در برخی موارد (نازل ضد بادبرگی یک بادبزنه با شماره ۱۱۰۰۲ و نازل ضد بادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵)، نتایج نشان داد که وقتی پاراکوات با هر شماره‌ای از هر نوع نازل در ساعات ۲۰:۰۰ و ۰۷:۰۰ بکار برده شد، اختلاف معنی‌داری در کارایی آن در گیاه‌سوز کردن اندام‌های هوایی گاوپنبه مشاهده نشد. تنها تفاوت ثبت شده در بین این دو زمان کاربرد، میزان دما و رطوبت نسبی هوا بود. به طوری که در ساعت ۲۰:۰۰، دمای هوا ۳۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۳ درصد و در ساعت ۰۷:۰۰، دمای هوا ۱۹ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۸ درصد بود. نتایج نشان دهنده آن است این دو عامل جوی اثر خنثی‌کنندگی روی یکدیگر بر کارایی علف‌کش دارند. با این وجود، وقتی پاراکوات با هر شماره‌ای از هر نوع نازل در ساعات ۲۲:۰۰ و ۰۵:۰۰ بکار برده شد، اختلاف معنی‌داری در کارایی آن در گیاه‌سوز کردن اندام‌های هوایی گاوپنبه مشاهده شد. به این صورت که مقدار پاراکوات لازم برای گیاه‌سوزی ۹۰ درصدی اندام‌های هوایی گاوپنبه در زمان کاربرد در ساعت ۲۲:۰۰ به طور معنی‌داری از زمان کاربرد در ساعت ۰۵:۰۰ کمتر بود. با توجه به اثر خنثی‌کنندگی دو عامل دما و رطوبت نسبی روی یکدیگر بر کارایی علف‌کش که در بالا استنتاج شد، این اختلاف می‌تواند به تفاوت در طول دوره تاریکی پس از سمپاشی در ساعات ۲۲:۰۰ و ۰۵:۰۰ ارتباط داشته باشد که به ترتیب برابر ۷ و ۱ ساعت بود. نور برای فعال شدن علف‌کش‌های تماسی لازم است (۷). تاریکی پس از کاربرد می‌تواند به طور موقتی از فعال شدن علف‌کش‌های تماسی جلوگیری کند. در این حالت، غشاهای سلولی تخریب نمی‌شوند. لذا، مولکول علف‌کش جذب شده از نقطه برخورد می‌تواند تا حدودی به بخش‌های دیگر منتقل شود. به همین دلیل، سطح بیشتری از اندام‌های هوایی علف هرز پس از مواجه شدن آن با نور دچار گیاه‌سوزی می‌شود. قبلاً، امکان انتقال علف‌کش‌های تماسی پاراکوات (۳۰، ۳۲ و ۴۳)، دایکوات (۴ و ۴۲) و اکسی‌فلورفن (۱۴) در تاریکی به خوبی به اثبات رسیده است. میزان انتقال پاراکوات از برگ تیمار شده به بیرون از آن در تاریکی ۱۶ ساعته پس از کاربرد پاراکوات بسته به گونه گیاهی (*Hordeum leporinum*، *Arctotheca calendula* و *Hordeum glaucum*) بین ۲ تا ۴ درصد مقدار پاراکوات بکار رفته و ۱۳ تا ۲۶

درصد مقدار پاراکوات جذب شده ثبت شده است (۳۰، ۳۲ و ۴۳). به همین دلیل، همانطور که در بخش مقدمه اشاره شد، کارشناسان بسیار متعددی (۶، ۱۱، ۱۷، ۲۰، ۲۳، ۲۶، ۲۹، ۳۸، ۴۱، ۴۴، ۴۵ و ۴۷) به عنوان یک راهکار هوشمندانه برای بهینه‌سازی کارایی علف‌کش‌های تماسی توصیه می‌کنند که کاربرد این دسته از علف‌کش‌ها پس از غروب آفتاب انجام بگیرد.

در تمامی منابع متعدد مذکور در بالا، کاربرد علف‌کش‌های تماسی با نازل استاندارد یک بادبزنه انجام گرفته است. با این وجود، همانطور که از نتایج ما پیداست (جدول ۲)، در هر دو شماره از نازل ضد بادبردگی یک بادبزنه، مقدار آماره $DD_{90}$ برای پاراکوات بکار رفته در دو زمان تاریکی (ساعات ۲۲:۰۰ و ۰۵:۰۰) بیشتر از پاراکوات بکار رفته در دو زمان روشنایی (ساعات ۲۰:۰۰ و ۰۷:۰۰) بود. این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد پاراکوات در روشنایی دارای کارایی بالاتری در مقایسه با کاربرد در تاریکی است. این نتیجه دقیقاً بر خلاف توصیه کارشناسان است. با این وجود، در پژوهشی بر روی گاوپنبه با علف کش نفوذی گلایفوسیت که با نازل استاندارد یک بادبزنه بکار رفته بود، موهر و همکاران (۲۰۰۷) ثابت کردند که گاوپنبه نمونه‌ای بارز از گیاهان در بروز پدیده حرکت برگی شدید از خود است. آنها گزارش کردند که با نزدیک شدن غروب آفتاب زاویه برگ این علف‌هرز به حالت عمودی‌تر نسبت به سطح زمین قرار می‌گیرد. لذا، با عمودی‌تر شدن برگ‌های گاوپنبه کارایی گلایفوسیت نیز کاهش یافت (۲۴). حرکت قطرات پاشش تولید شده به وسیله نازل ضد بادبردگی یک بادبزنه در جهت عمود بر سطح زمین است. وقتی وضعیت سطح برگ علف‌هرز نیز به صورت عمودی بر سطح زمین باشد، نشست قطرات کمتری بر روی سطح برگ اتفاق خواهد افتاد که منجر به کاهش کارایی علف‌کش می‌شود. برعکس، وقتی وضعیت برگ علف‌هرز به صورت افقی باشد، سطح برگ بیشتری در مقابل جریان عمودی قطرات پاشش قرار می‌گیرد که منجر به نشست قطرات بیشتر و افزایش کارایی علف‌کش می‌شود (۲۴). حرکت برگی گاوپنبه در طی ساعات مختلف شبانه‌روز در پژوهش حاضر در شکل ۱ به نمایش گذاشته شده است. با مقایسه تصاویر سمت چپ در شکل ۱ می‌توان به راحتی پی برد که سطح برگی که در برابر پاشش عمودی نازل ضد بادبردگی یک بادبزنه قرار گرفته است در زمان‌های تاریکی شبانه‌روز کمتر از زمان‌های روشنایی شبانه‌روز بوده است. بدون شک، این امر سبب کاهش نشست قطرات پاشش پاراکوات بر روی سطح برگ گاوپنبه شده است. لذا، ما شاهد آن بودیم که وقتی پاراکوات با نازل ضد بادبردگی یک بادبزنه در زمان‌های روشنایی شبانه‌روز بکار رفت به طور مؤثرتری سبب گیاه‌سوزی اندام‌های هوایی گاوپنبه شد.

فرضیه اصلی که باعث اجرای این پژوهش شد این بود که اگر حرکت قطرات پاشش تولید شده به وسیله نازل در جهت غیر عمود بر سطح زمین باشد، احتمالاً می‌توانند به برگ‌های عمود شده گاوپنبه در زمان تاریکی شبانه‌روز برخورد موثری داشته باشند. لذا، در این تحقیق، فرضیه ما تایید شد. به طوری که وقتی پاراکوات با انواع نازل‌های ضد بادبردگی دو بادبزنه در زمان‌های تاریکی شبانه‌روز بکار رفت به طور موثرتری سبب بهبود گیاه‌سوزی اندام‌های هوایی گاوپنبه شد. در نازل‌های دو بادبزنه محلول پاشش از دو روزنه خارج می‌شود و اصطلاحاً آنها دو بادبزن ایجاد می‌کنند. در نازل ضد بادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲۰، زاویه یکی از بادبزن‌ها به میزان ۲۰ درجه در جهت مسیر حرکت نازل و زاویه بادبزن دیگر به میزان ۲۰ درجه برخلاف جهت حرکت نازل است. به عبارتی دیگر، زاویه بین دو بادبزن در نازل ضد بادبردگی دو بادبزنه ۲۰۲ برابر ۴۰ درجه است. در نازل ضد بادبردگی دو بادبزنه ۷۰۳۰، زاویه یکی از بادبزن‌ها به میزان ۳۰ درجه در جهت مسیر حرکت نازل و زاویه بادبزن دیگر به میزان ۷۰ درجه برخلاف جهت حرکت نازل است. به عبارتی دیگر، زاویه بین دو بادبزن در نازل ضد بادبردگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ برابر ۱۰۰ درجه است (۱۹). در یک پژوهش قبلی، نشست بیشتر قطرات پاشش به وسیله نازل دو بادبزنه در مقایسه با نازل یک بادبزنه بر روی سطح برگ علف‌هرز یولاف وحشی که دارای برگ‌های تقریباً عمودی است به وسیله فرگوسون و همکاران (۲۰۱۶) به اثبات رسیده است (۱۲). بجز در مورد کاربرد در ساعت ۲۲:۰۰ با شماره نازل ۱۱۰۰۲، نتایج نشان داد که در زمان کاربرد برابر و در شماره نازل برابر، بین نازل‌های ضد بادبردگی ۲۰۲۰ و ضد بادبردگی ۷۰۳۰ تفاوت معنی‌داری در میزان پاراکوات لازم برای گیاه‌سوزی ۵۰ و ۹۰ درصدی اندام‌های هوایی گاوپنبه مشاهده نشد.

## نتیجه‌گیری

در علف‌هرز دولپه‌ای گاوپنبه حرکت برگی شدیدی در طول شبانه‌روز مشاهده شد. در زمان تاریکی شبانه‌روز که سطح برگ این علف‌هرز به حالت عمود بر زمین قرار دارد و علف‌کش تماسی پاراکوات با نازل یک بادبزنه بکار برده شد، به دلیل پوشش کمتر اتفاق افتاده بر روی برگ‌های این علف‌هرز کارایی کمتر علف‌کش را شاهد بودیم. برای رفع این مشکل، می‌توان از انواع نازل‌های دو بادبزنه برای خیساندن برگ‌های عمود شده گاوپنبه در ساعات تاریکی شبانه-روز استفاده کرد. همچنین، با افزایش حجم پاشش و کاربرد در بعد از غروب آفتاب می‌توان کارایی پاراکوات را بهبود بخشید. تیمار کاربرد پاراکوات با نازل ضد بادبرگی دو بادبزنه ۷۰۳۰ با شماره ۱۱۰۰۲ در ساعت ۲۲:۰۰ به کمترین میزان پاراکوات برای ایجاد شدت گیاه‌سوزی برابر با سایر تیمارها نیاز داشت. لذا، این روش کاربرد پاراکوات علیه گاوپنبه قابل توصیه است.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از گرنت پژوهشی اختصاص یافته برای این پـژوهش به وسیله دانشگاه بوعلی سینا همدان قـدردانی مـی‌کنـیم. همچنـین، نویسندگان قـدردان مسـاعدت آقـای William Rojo مـدیر فـروش شرکت Magnojet برزیل برای ارسال رایگان نـازل‌هـا، آقـای دکتـر جاوید قرخلو عضو محترم هیـات علمـی دانشـگاه علـوم کشـاورزی و منابع طبیعی گرگان بـرای تهیـه و ارسـال بـذرهای گاوپنبـه و خـانم مهندس سمیرا کرمی دانشجوی کارشناسی ارشد شناسایی و مبارزه بـا علف‌های هرز دانشگاه بوعلی سینا همـدان بـرای کمـک در برداشـت گیاهان هستند.


## منابع


1- Aliverdi A. 2018. The selection of proper nozzle for spraying sethoxydim at two wind speeds to control winter wild oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). Journal of Plant Protection 32(2): 299–306. (In Persian)
2- Alves G.S., Kruger G.R., da Cunha J.P.A.R., de Santana D.G., Pinto L.A.T., Guimarães F., and Zaric M. 2017. Dicamba spray drift as influenced by wind speed and nozzle type. Weed Technology 31(5): 724–731.
3- ASAE. 2009. Spray nozzle classification by droplet spectra. The American Society of Agricultural Engineers, S572.1, 4 p.
4- Baldwin B.C. 1963. Translocation of diquat in plants. Nature 198(4883): 872–873.
5- Berger S.T., Dobrow M.H., Ferrell J.A., and Webster T.M. 2014. Influence of carrier volume and nozzle selection on palmer amaranth control. Peanut Science 41(2): 120–123.
6- Cieslik L.F., Vidal R.A., and Trezzi M.M. 2014. Fomesafen toxicity to bean plants as a function of the time of application and herbicide dose. Acta Scientiarum Agronomy 36(3): 329–334.
7- Cobb A.H., and Reade J.P.H. 2010. Herbicides and plant physiology. John Wiley and Sons. UK, 296p.
8- Creech C.F., Henry R.S., Fritz B.K., and Kruger G.R. 2015a. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. Weed Technology 29(2): 298–310.
9- Creech C.F., Henry R.S., Werle R., Sandell L.D., Hewitt A.J., and Kruger G.R. 2015b. Performance of post-emergent herbicides applied at different carrier volume rates. Weed Technology 29(3): 611– 624.
10- Dalazen G., and Merotto Jr A. 2016. Physiological and genetic bases of the circadian clock in plants and their relationship with herbicides efficacy. Planta Daninha 34(1): 191–198.
11- Fausey J.C., and Renner K.A. 2001. Environmental effects on CGA-248757 and flumiclorac efficacy/soybean tolerance. Weed Science 49(5): 668–674.
12- Ferguson J.C., Hewitt A.J., and O'Donnell C.C. 2016. Pressure, droplet size classification, and nozzle arrangement effects on coverage and droplet number density using air-inclusion dual fan nozzles for pesticide applications. Crop Protection 89: 231–238.
13- Ferreira M.C., Machado-Neto J.G., and Matuo T. 1998. Reduction in the rate and spray volume in night-time application of post-emergence herbicides on soybean crop. Planta Daninha 16(1): 25–36.
14- Guh J.O., Lee E.K., Kuk Y.I., and Park R.D. 1995. Absorption, translocation, and metabolism of oxyfluorfen in rice (*Oryza sativa*) and barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Weed Research, Japan 40(4): 245–251.
15- Knoche M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection 13(3): 163–178.
16- Kudsk P. 2008. Optimising herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of herbicides. Environmentalist 28(1): 49–55.
17- Lee S.D., and Oliver L.R. 1982. Efficacy of aciflurofen on broadleaf weeds: times and methods for application. Weed Science 30(5): 520–526.
18- Legleiter T.R., and Johnson W.G. 2016. Herbicide coverage in narrow row soybean as influenced by spray nozzle design and carrier volume. Crop Protection 83: 1–8.
19- Magnojet. 2019. Catalogue. http://www.magnojet.com.br/area_restrita
20- Martinson K.B., Sothern R.B., Koukkari W.L., Durgan B.R., and Gunsolus J.L. 2002. Circadian response of annual weeds to glyphosate and glufosinate. Chronobiology International 19(2): 405–422.
21- McMullan P.M. 2000. Utility adjuvants. Weed Technology 14(4): 792–797.
22- Meyer C.J., Norsworthy J.K., Kruger G.R., and Barber T.L. 2016. Effect of nozzle selection and spray volume on droplet size and efficacy of Engenia tank-mix combinations. Weed Technology 30(2): 377–390.
23- Miller R.P., Martinson K.B., Sothern R.B., Durgan B.R., and Gunsolus J.L. 2003. Circadian response of annual weeds in a natural setting to high and low application rates of four herbicides with different modes of action. Chronobiology International 20(2): 299–324.
24- Mohr K., Sellers B.A., and Smeda R.J. 2007. Application time of day influences glyphosate efficacy. Weed Technology 21(1): 7–13.

25- Monaco T.J., Weller S.C., and Ashton F.M. 2002. Weed science: principles and practices. John Wiley and Sons, Inc. USA, 685p.

26- Montgomery G.B., Treadway J.A., Reeves J.L., and Steckel L.E. 2017. Effect of time of day of application of 2,4-d, dicamba, glufosinate, paraquat, and saflufenacil on horseweed (*Conyza canadensis*) control. Weed Technology 31(4): 550–556.

27- Nelson K.A., Renner K.A., and Penner D. 2002. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control and tuber yield with glyphosate and glufosinate. Weed Technology 16(2): 360–365.

28- Norsworthy J.K., Oliver L.R., and Purcell L.C. 1999. Diurnal leaf movement effects on spray interception and glyphosate efficacy. Weed Technology 13(3): 466–470.

29- Norsworthy J.K., Smith K.L., and Griffith G. 2011. Evaluation of combinations of paraquat plus photosystem II-inhibiting herbicides for controlling failed stands of maize (*Zea mays*). Crop Protection 30(3): 307–310.

30- Preston C., Soar C.J., Hidayat I., Greenfield K.M., and Powles S.B. 2005. Differential translocation of paraquat in paraquat resistant populations of *Hordeum leporinum*. Weed Research 45(4): 289–295.

31- Prosser R.S., Anderson J.C., Hanson M.L., Solomon K.R., and Sibley P.K. 2016. Indirect effects of herbicides on biota in terrestrial edge-of-field habitats: A critical review of the literature. Agriculture, Ecosystems and Environment 232: 59–72.

32- Purba E., Preston C., and Powles S.B. 1995. The mechanism of resistance to paraquat is strongly temperature dependent in resistant *Hordeum leporinum* Link and *H. glaucum* Steud. Planta 196(3): 464–468.

33- Ramsey R.J.L., Stephenson G.R., and Hall J.C. 2002. Effect of relative humidity on the uptake, translocation, and efficacy of glufosinate ammonium in wild oat (*Avena fatua*). Pesticide Biochemistry and Physiology 73(1): 1–8.

34- Ritz C., Baty F., Streibig J.C., and Gerhard D. 2015. Dose-response analysis using R. PLoS One, 10(12):e0146021.

35- Rytwo G., and Tropp D. 2001. Improved efficiency of a divalent herbicide in the presence of clay, by addition of monovalent organocations. Applied Clay Science 18(5-6): 327–333.

36- Sasaki R.S., Teixeira M.M., Alvarenga C.B., Santiago H., and Maciel C.F.S. 2013. Spectrum of droplets produced by use adjuvants. Idesia 31(1): 27–33.

37- Schumacher C.E., and Hatterman-Valenti H.M. 2007. Effect of dose and spray volume on early-season broadleaved weed control in *Allium* using herbicides. Crop Protection 26(8): 1178–1185.

38- Sellers B.A., Smeda R.J., and Johnson W.G. 2003. Diurnal fluctuations and leaf angle reduce glufosinate efficacy. Weed Technology 17(2): 302–306.

39- Shaw D.R., Morris W.H., Webster E.P., and Smith D.B. 2000. Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control. Weed Technology 14(2): 321–326.

40- Sikkema P.H., Brown L., Shropshire C., Spieser H., and Soltani N. 2008. Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. Weed Biology and Management 8(1): 31–38.

41- Skuterud R., Bjugstad N., Tyldum A., and Terresen K.S. 1998. Effect of herbicides applied at different times of the day. Crop Protection 17(1): 41–46.

42- Smith J.M., and Sagar G.R. 1966. A re-examination of the influence of light and darkness on the long-distance transport of diquat in *Lycopersicon esculentum* Mill. Weed Research 6(4): 314–321.

43- Soar C.J., Karotam J., Preston C., and Powles S.B. 2003. Reduced paraquat translocation in paraquat resistant *Arctotheca calendula* (L.) Levyns is a consequence of the primary resistance mechanism, not the cause. Pesticide Biochemistry and Physiology 76(3): 91–98.

44- Stewart C.L., Nurse R.E., and Sikkema P.H. 2009. Time of day impacts POST weed control in corn. Weed Technology 23(3): 346–355.

45- Stopps G.J., Nurse R.E., and Sikkema P.H. 2013. The effect of time of day on the activity of postemergence soybean herbicides. Weed Technology 27(4): 690–695.

46- Waltz A.L., Martin A.R., Roeth F.W., and Lindquist J.L. 2004. Glyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day. Weed Technology 18(4): 931–939.

47- Wersal R.M., Madsen J.D., Massey J.H., Robles W., and Cheshier J.C. 2010. Comparison of daytime and night-time applications of diquat and carfentrazone-ethyl for control of parrotfeather and eurasian watermilfoil. Journal of Aquatic Plant Management 48: 56–58.

48- Wichert R.A., Bozsa R., Talbert R.E., and Oliver L.R. 1992. Temperature and relative humidity effects on diphenyl ether herbicides. Weed Technology 6(1): 19–24.

49- Wills G.D., and McWhorter C.G. 1981. Effect of environment on the translocation and toxicity of acifluorfen to showy crotalaria (*Crotalaria spectabilis*). Weed Science 29(4): 397–401.

50- Zhang J., Zheng L., Jäck O., Yan D., Zhang Z., Gerhards R., and Ni H. 2013. Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer maize (*Zea mays* L.) fields in North China Plain. Crop Protection 52: 26–32.

Journal of Plant Protection
Vol. 34, No. 1, Spring 2020, P. 113-123

نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۱۲۳-۱۱۳

# Interaction Effect between Nozzle Type and Application Time of Day on the Efficacy of Paraquat to control Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus.)

**A. Aliverdi[1*]- M. Sharifi[2]**
Received: 27-11-2019
Accepted: 13-01-2020

**Introduction:** When a contact herbicide is applied in the dark time of a day than in the light time, better weed control will be observed. Velvetleaf is a typical example of weeds in displaying the phenomenon of foliar Nyctinasty. This feature causes the leaf surface of velvetleaf is perpendicularly oriented to the ground during the dark time of day. As a result, when a contact herbicide is applied in the dark time of the day by a single flat fan nozzle which generates a perpendicular motion of spray droplets to the ground, the leaf surface of velvetleaf cannot be covered well. Therefore, the foliar Nyctinasty in velvetleaf reduces the efficacy of contact herbicide applied in the dark time of day. The main hypothesis leading this study was that if the motion of spray droplets is not perpendicular to the ground, it is possible to wet the leaves of velvetleaf in the dark time of day. In this study, the effects of using twin flat fan nozzles which generates a non-perpendicular motion of spray droplets to the ground in comparison with single flat fan nozzle on the efficacy of Paraquat at the different times of day were investigated.

**Materials and Methods:** This study was conducted in outdoor conditions at Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. Treatments consisted of five doses of Paraquat (0, 75, 150, 300, and 600 g a.i. $ha^{-1}$) using three types of nozzles (single anti-drift flat fan, twin anti-drift flat fan 2020, and twin anti-drift flat fan 7030) in two nozzle sizes (110015 and 11002) at four times of day (before sunset at 20:00, after sunset at 22:00, before sunrise at 05:00, and after sunrise at 7:00) with four replications which were sprayed at the six-to-seven-leaf stage of velvetleaf. Two days after spraying at 7:00, the shoots of velvetleaf were harvested nearly 1 cm above the soil surface. The individual fresh: dry weight ratio was used to analyze as nonlinear regression using a four-parametric logistic model.

**Results and Discussion** At all four application times of the day, increasing the nozzle size of single anti-drift flat fan nozzle increased the dose of Paraquat required for the 90% desiccation of velvetleaf shoots. While, except at some application times of day (22:00 and 07:00 in the case of twin anti-drift flat fan nozzle 2020 and 5:00 in the case of twin anti-drift flat fan nozzle 7030), increasing the nozzle size of twin anti-drift flat fan nozzles decreased the dose of Paraquat required for the 90% desiccation of velvetleaf shoots. Except in some cases (11002 twin anti-drift flat fan nozzle 2020 and 110015 twin anti-drift flat fan nozzle 7030), when Paraquat was sprayed with any nozzle size at 20:00 and 07:00, there was no significant difference in its efficacy. When Paraquat was sprayed with any nozzle size at 20:00 and 07:00, there was no significant difference in its efficacy. But, when it was sprayed with any nozzle size at 22:00 and 05:00, a significant difference in its efficacy was observed. So, the dose of Paraquat required for the 90% desiccation of velvetleaf shoots at 22:00 was significantly lower than that at 05:00. Our principal hypothesis in this study was confirmed. As when Paraquat was applied with twin anti-drift flat fan nozzles in the dark time of day, it more effectively improved the desiccation of velvetleaf shoots.

**Conclusion:** The treatment of the application of Paraquat with 11002 twin anti-drift flat fan nozzle 7030 at 22:00 required the minimum Paraquat dose to create the same desiccation intensity as other treatments. Therefore, this treatment is recommendable.

**Keywords:** Foliar Nyctinasty, Herbicide, Single flat fan nozzle, Twin flat fan nozzle

---

1 and 2- Assistant Professor in Weed Science and Bachelor's Degree in Agronomy and Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)